

別添 3

1. 序

石綿（アスベスト）は断熱性、親和性等に優れることから建材および各種製品に幅広く利用されてきた一方、吸引により中皮腫等の疾病の原因になることから現在では製造、使用等が禁止されている。しかしながら既存建築物では多くの石綿含有建材が残存しており、改修・解体工事での除去等において適切な石綿飛散防止対策が求められている。

石綿含有建材の工事に関する規定としては、石綿障害予防規則（石綿則）があり、表 1 に概要を示すように工事を行う必要がある。

表 1 石綿則における関連規定の概要

・石綿含有成形品を除去する作業においては、切断等以外の方法により作業を実施しなければならないが、技術上困難な場合はこの限りではない。 ・技術上困難であって石綿を含有するけい酸カルシウム板第 1 種を切断等する場合や、仕上塗材を電動工具を使用して除去する場合は、作業場所の隔離をしなければならず、加えて ① 常時湿潤化 ② 除じん性能を有する電動工具の使用 ③ その他の石綿等の粉じんの発散防止 のいずれかの措置を講じなければならない。 ・また、上記以外の石綿等の切断等の作業を行う場合は、上記①から③のいずれかの措置を講じなければならない。

表 1 に示した令和 5 年度の石綿則の改正の過程において、石綿等の切断等の作業について電動工具を用いて行わざるをえない場合があることから、この作業における石綿等の発散抑制措置として除じん性能を有する電動工具の発散低減効果の確認が行われた¹⁾。

その結果、除じん性能を有する電動工具の使用は、石綿等を湿潤化した場合と同等以上の石綿等の粉じんの発散低減効果があると認められたため、石綿則第 13 条第 1 項で規定する措置については、石綿等の湿潤化の措置に限定せず、石綿等の湿潤化、除じん性能を有する電動工具の使用その他の措置のいずれかの措置を行うことが義務付けられた。

一方で、比較対象として、湿潤化しつつ電動工具で切断等を行う際の石綿等粉じん濃度を測定した結果、除じん性能を有する電動工具と比較して非常に高い発じんが見られるケースがあった¹⁾。電動工具使用時は感電の恐れがあるため散水養生が困難であり、一般的な電動工具を使用する場合の有効な湿潤化の方法の見極めについては早急に確認が必要である。また、電動工具は粉じん飛散を十分に抑制可能な石綿建材切断用の工具の性能は現状で明らかで無く、適切な電動工具ならびに集じん機の選定手法の整備は急務である。

令和6年度の厚生労働科学特別研究事業「電動工具による切削時等実施時の石綿含有建材からの粉じん飛散性の検証」では、石綿含有スレート板、石綿含有けい酸カルシウム板第1種の電動工具による切断作業が負圧隔離した空間（以降「チャンバー」と呼ぶ。）内で実施され、作業前の水湿や飛散抑制剤の散布では粉じん発生を十分抑制できないことが改めて確認された。また、工具の種類により粉じん飛散の様相（粉じん発生量、飛散方向等）が異なること、低速での切断により粉じん発生が低減されること、粉じん飛散防止には適切な集じんが必要なことが確認された。

本研究では、電動工具を使用した場合の効果的な石綿等粉じん発散抑制措置を作業毎に提示することを目的とする。

2. 研究の概要

本研究では、電動工具等を用いて石綿含有建材を改修・解体等する場合の石綿粉じん発生抑制効果について既往の検討から情報を収集し、整理する。

情報収集の目的は以下の通りである。

1) 電動工具の仕様と粉じん発生程度の把握

既往研究である厚生労働省報告書※および令和6年度厚生労働科学特別研究事業（電動工具を用いた石綿等の切断作業等における粉じん発散抑制措置の効果の実証研究）（文献No.1）成果から、また、石綿粉じん以外の粉じんも含め、電動工具による作業時の粉じん発生量について文献調査を行うとともに、厚生労働省が別途検討する石綿含有建材の切断等における電動工具使用時の粉じん発生量に関するデータを含め、電動工具の仕様と粉じん発生程度を体系的に整理する。

2) 集じん機と電動工具の組合せの検証

既往研究である厚生労働省報告書※および文献No.1 から、集じん機の吸引能力と電動工具使用時の粉じん発生量の関係を確認し、粉じん飛散量への影響を整理する。

3) 電動工具使用時の湿潤手法の検証

既往研究である厚生労働省報告書※および文献No.1 から、板状建材等の使用実態を考慮し、散水手法以外の水および飛散抑制剤による湿潤効果と粉じん抑制効果の関係を検証する。また、湿潤化手法と建材等の湿潤状態の関係を確認する。

4) 電動工具を用いた石綿等の切断作業等における粉じん発生抑制措置及び除じん性能を有する電動工具を用いた適切な石綿建材の改修・解体工事実施方法の提示

以上をとりまとめることにより、粉じん発散抑制措置として想定される新たな工法について実証データ等からの検証を行い、有効な工法を提言する。

※建築物の解体・改修等における石綿ばく露防止対策等検討会報告書、令和5年6月20日、厚生労働省労働基準局安全衛生部

3. 収集文献の概要および分析

3. 1 国内の関連研究等

本検討で参照した文献およびその概要を表 1 に示す。

国内においては 1990 年代後半に作業時の発じん性が低いとされてきた成形板等の石綿含有建材、いわゆる「レベル 3 建材」について、解体作業時の石綿の発じん性の検証がなされた（表 1 の No. 1 ～ 6）。

2006 年に建築基準法、石綿則、大気汚染防止法等の改正があり、規制が強化された後、石綿則における石綿含有建材の取扱いの明確化に参照された石綿含有仕上塗材に関する研究（No. 7）がある。No. 8 以降は成形板、仕上塗材の改修・解体工事に伴う石綿粉じんの発生状況に関し検証がなされた事例である。石綿含有成形板、石綿含有仕上塗材が主たる検証対象である。各文献の概要を付録に示す。

このうち、石綿含有ボードを対象とし、実験条件が抽出可能であった No. 1, 2, 3, 5, 11, 12 を 3. 3 で行う分析の対象とする。

表 1－1 国内の関連文献

No.	著者	発表年	タイトル	概要
1	社団法人 日本石綿協会	1997	平成 8 年度通商産業省委託 石綿含有低減化製品等調査研究	7 種の石綿含有ボードについて、加工時（切断・研磨）および解体作業時の石綿粉じん・粉じん発生量を測定
2	アスベスト飛散防止対策検討会	1998	建築物の解体等に係る石綿飛散防止対策 —アスベスト飛散防止対策検討会報告書—	石綿含有けい酸カルシウム板 1 種、2 種棟の密度の小さいボード状建材について、散水無し・有の 2 条件で破壊実験を行い、粉じん測定を行った。また、気流を制御しつつ破壊時の風下の粉じん測定を行った。
3	社団法人 日本石綿協会	1998	平成 9 年度通商産業省委託 石綿含有低減化製品等調査研究	石綿の使用量が多くかつ生産量の多い石綿含有建築材料を対象に、施工現場及び解体現場のうち、特に施工現場における石綿繊維を含む粉じん発生量・濃度を把握するとともにその評価を行った。
4	社団法人 日本石綿協会	1999	平成 10 年度通商産業省委託 石綿含有低減化製品等調査研究	経年変化した石綿含有建材を対象に、建材からの石綿粉じんの飛散状況が確認された。また、既往の検討からの施工現場での石綿粉じん濃度データの考察が行われた。
5	社団法人 日本石綿協会	2001	窯業系建築材料切断時の粉じん対策（マニュアル）	粉じん飛散防止に配慮した窯業系建築材料の切断の方法が示された。また、建設業労働災害防止協会発行「石綿含有建築材料の施工における作業マニュアル」からの抜粋であるデータが示された。

表 1—2 国内の関連文献

No.	著者	発表年	タイトル	概要
6	東京都環境局	2015	アスベスト成形板対策マニュアル	旧版（2007 年）からの改定、建築物の解体等に係る石綿（アスベスト）飛散防止対策マニュアル（2022 年）に内容が統合された。石綿含有成形板の解体時における飛散防止対策が示された。飛散防止対策については実験に基づいているがデータの詳細は示されていない。
7	古賀純子他	2016	アスベスト含有建築用仕上塗材の改修・除去におけるアスベストの飛散性の検証	石綿含有仕上塗材が施された小型の試験体を用い、各種除去方法適用時の粉じん飛散状況が示された。
8	本橋健司他	2019	石綿含有建築用仕上塗材の施工された外壁への水循環式無振動ドリルを用いた穿孔作業	建築物外壁改修工事等に必要な足場設置時に壁体に穿孔する場合の石綿含有仕上塗材からの粉じん飛散防止対策のため、水を循環させながら穿孔可能な機器の検証結果が示された。
9	古賀純子他	2022	石綿含有仕上塗材外壁の解体手法の検討	石綿含有仕上塗材が施工された鉄筋コンクリートの壁体を解体する際の石綿粉じんの飛散の確認が行われた。
10	本橋健司他	2023	石綿含有仕上塗材が施工された外壁に適用する外壁複合改修工法の施工マニュアルの開発	石綿含有仕上塗材に対し、水循環式無振動ドリル等の石綿粉じん飛散防止が期待できる工法により穿孔、剥離を行い石綿粉じんの飛散状況を確認し外壁複合改修構工法の施工方法を検証した。

表 1－3 国内の関連文献

No.	著者	発表年	タイトル	概要
11	古賀純子他	2025	石綿含有建材の改修・解体工 事における石綿粉じん飛散状 況の検証（令和 6 年度厚労科 研）	石綿含有仕上塗材、石綿含有スレ ート板、石綿含有けい酸カルシウ ム板第 1 種を対象に、電動工具を 用いた除去（仕上塗材）、切断 （スレート板、けい酸カルシウム 板第 1 種）実験が実施された。湿 潤化の有無、集じん機能力、電動 工具の回転数等を要因とし、石綿 粉じん飛散の状況が確認された。
12	令和 7 年度代表的 な解体現場等の濃 度測定等事業検討 会	2026	石綿含有建材等切断時の石綿 ばく露等に関する実験結果報 告書	石綿含有建材切断時の湿潤化の方 法に対して、常時湿潤化にした状 態での切断実験時の粉じん飛散状 況の確認が行われた。

3. 2 国外の関連研究等

本検討で参照した文献およびその概要を表2に示す。

これらの文献は、「石綿含有建材」、「切断」、「湿潤」等をキーワードに検索を行った。表2に抽出した文献を示す。

改修工事、解体工事实施時に工事現場において粉じん濃度を測定したNo.13、15、16、17、18、19、20、21、22が抽出された。No.16、17は石綿ではなくシリカ由来の粉じんが対象である。他に、劣化した石綿含有建材からの繊維の放出状況を測定したNo.14がある。

ブロック造の建築物等、建築物の構成が我が国とは異なるものが多く、本研究で対象としている建材（スレート版、けい酸カルシウム第1種等の成形板）を対象とした研究は少なかった。また、湿潤化以外の飛散防止対策を採っている研究は見当たらず、除じん性能のある電動工具を検証した研究は見当たらなかった。各文献の概要を付録に示す。

成形板が対象に含まれており、改修・解体手法が明示されているNo.19を3.3で行う分析の対象とする。

なお、厚生労働省が過去に直轄で文献調査を行った経緯があり、その結果は「石綿障害予防規則の一部を改正する省令案の概要について（除じん性能を有する電動工具に係る措置の見直し関係）」（URL：<https://www.mhlw.go.jp/content/11305000/001126065.pdf>、最終参照日：2026年5月27日）で述べられている。

表 2—1 国外の関連文献

No.	著者	発表年	タイトル	概要
13	Brown et al.	1987	Asbestos Exposure During Renovation and Demolition of Asbestos-Cement Clad Buildings.	経年劣化した石綿含有屋根材、外壁材の高圧水洗浄、塗装作業時の石綿粉じん濃度の測定を実施。石綿粉じん濃度は、屋根で平均 0.3～0.6 f/mL、壁では 0.1 f/mL 未満であり、これらは 各部材間の風化度の著しい違いを反映している。風化した表面を湿潤化または密封することで屋根シートからの石綿飛散を抑制することは、シートの重ね合わせ部分に閉じ込められた粉塵中にアスベスト繊維が存在するため、予測可能ではなかった。
14	Spurny et al.	1989	On the Release of Asbestos Fibers from Weathered and Corroded Asbestos Cement Products.	風化・腐食した石綿セメント板からの繊維放出を評価した研究。劣化材ほど飛散しやすく、表面崩壊による繊維露出が加工時飛散リスクを高めることが示された。
15	Lange et al.	2006	Airborne Asbestos Concentrations During Abatement of Floor Tile and Mastic: Evaluation of Two Different Containment Systems and Discussion of Regulatory Issues.	実建築において、床材除去時の飛散濃度を、囲い込み条件および湿式除去条件で比較した研究。湿式除去は有効である一方、囲い込み性能や負圧隔離の有無が飛散抑制効果に大きく影響することが示された。
16	Croteau et al.	2002	The Effect of Local Exhaust Ventilation Controls on Dust Exposures During Concrete Cutting and Grinding Activities.	コンクリート切断・研削時の局所排気装置の効果を評価した研究。主対象はシリカ粉じんであるが、建材切断時の粉じん制御研究として石綿研究でも頻繁に引用される。局所排気装置により粉じん濃度を大幅低減し、工具一体型集じんが有効であること、作業位置や風向の影響が大きいことが示された。

表 2—2 国外の関連文献

No.	著者	発表年	タイトル	概要
17	Brick et al.	2007	In-Depth Survey Report: Dust Control Technology for Cutting Concrete Block and Tuckpointing Brick.	手持ち切断機における水噴霧方式および局所排気方式（LEV）の比較を行った NIOSH 研究。水噴霧は発生源抑制に有効であり、LEV は周辺拡散抑制に有効であること、工具構造により性能差が大きいことが示された。検討対象は非石綿の石英であった。
18	Perkins et al.	2007	Asbestos Release from Whole-Building Demolition of Buildings with Asbestos-Containing Material.	石綿含有建材を含む建築物の全面解体時に空気中石綿濃度を測定した研究。対象の石綿含有建材はせっこうボードの目地のコンパウンドである。重機解体時に一時的濃度上昇がみられたが、湿潤化条件で抑制可能であり、周辺飛散についても評価を行った。
19	Phanprasit et al.	2012	Asbestos Exposure among Mitering Workers in a Construction Material Factory in Thailand.	石綿セメント屋根材を切断する際の空気中繊維濃度を測定した研究。高速電動カッターと手工具を比較し、高速回転工具では著しく高濃度の石綿繊維が発生することが示された。特に乾式切断時の曝露濃度が高い。高速電動工具＞手工具、切断速度上昇に伴い飛散増大、動力工具使用時は曝露限界超過であった。
20	Kakooei et al.	2014	Asbestos Exposure among Construction Workers During Demolition of Old Houses in Tehran, Iran.	老朽住宅解体時の作業員曝露を PCM・SEM で評価した研究。実際の解体現場における石綿繊維の曝露実態を測定し、解体・改修作業時の飛散評価が行われた。
21	Stevulova et al.	2020	Characterization of Demolition Construction Waste Containing Asbestos, and the Release of Fibrous Dust Particles.	石綿含有解体廃材の破砕・処理時の繊維発生を評価した研究。破壊エネルギー増大に伴い飛散量が増加し、微細繊維が大量発生すること、粉砕工程が高リスクであることが示された。

表 2—3 国外の関連文献

No.	著者	発表年	タイトル	概要
22	Ervik et al.	2023	Measurements of Airborne Asbestos Fibres during Refurbishing.	改修工事中の各種石綿含有建材除去時の空气中繊維濃度を測定した研究。近年の測定技術・規制環境を踏まえ、作業種別による濃度差や飛散抑制対策の有効性が評価された。

3. 3 石綿含有ボード切断時の石綿粉じんの飛散性

3. 1、3. 2で抽出した文献を用い、石綿含有ボードの切断時の飛散性を検証した。

・建材の特性による粉じん飛散への影響

石綿含有ボード切断時の石綿粉じん飛散には、まず建材自体の性状が関与する。文献No.1では、FB ボード、大波スレート、スラグ石膏板を丸ノコで切断した場合、石綿濃度はスラグ石膏板、FB ボード、大波スレートの順に高く、石綿含有率のみでは飛散性を説明できず、材料の成分や密度が影響する可能性が示されている（文献No.1）。一方、文献No.2では、材料の密度と石綿濃度との間に明確な相関は認められず、密度単独ではなく、材質、成形状態、繊維の保持状態等を含めて評価する必要がある（文献No.2）。

・工具および刃による粉じん飛散への影響

工具および刃の条件も重要な要因である。丸ノコ、ディスクサンダー等の電動工具を用いる場合、切断・研削による機械的作用が大きいため、発じん量が増加しやすい。文献No.3では、粉じん発生量に対する影響は「切断回数>工具回転数>刃の種類」の順に大きいと整理されており、刃の種類だけでなく、工具の回転数や作業量を含めて検討する必要がある（文献No.3）。また、文献No.11では、けい酸カルシウム板第1種について、集じん機の種類や湿潤の有無によらず石綿の飛散が確認された一方、ディスクサンダーの回転数を低下させた条件では飛散が確認されなかったことから、工具の発じん能力に対して集じん能力が不足する場合には、回転数の調整が有効な対策となり得る（文献No.11）。

・集じん方法による粉じん飛散への影響

集じん条件は、粉じん飛散を左右する主要因である。文献No.11では、スレート板の切断において、集じん機を使用した条件では石綿飛散が確認されなかったのに対し、集じん機を使用しない条件では湿潤の有無にかかわらず石綿粉じんが確認されている（文献No.11）。また、文献No.5では、電動丸ノコの上部吸引フードのみの場合に比べ、下部吸引フードを付加した上・下部吸引フードの発じん抑制効果が大きいことが示されており、切断部から発生する粉じんを発生直後に捕集する工具側の構造が重要である（文献No.5）。

・湿潤化による粉じん飛散への影響

湿潤化については、一定の抑制効果はあるものの、その方法によって効果が大きく異なる。文献No.2では、散水による石綿飛散低減効果が全ての材料で認められたが、その効果の大きさは材料により異なっていた（文献No.2）。文献No.11では、作業前の建材湿潤のみでは石綿粉じん飛散の防止が困難であることが指摘されている（文献No.11）。これに対し、文献No.12では、水または飛散抑制剤を用いた常時湿潤化により、湿潤なしの場合と比較して粉じん濃度が2桁程度抑制されたことが示されており、単なる事前散水ではなく、切断時に継続して湿潤状態を維持することが重要である（文献No.12）。文献No.12で用いられた工具は市販の工具に常時湿潤化可能な仕組みを加えたものであり、現状で販売されているものではない。切

断面を湿潤化することにより高い粉じん抑制が確認できたため、今後の工具開発が待たれる。

- ・切断方法による粉じん飛散への影響

切断条件としては、切断回数、切断面積、切断頻度、休止時間、作業者の技能が関係する。文献No.3 では、切断回数が粉じん発生量に最も大きく影響すると整理されており、同一工具・同一対策であっても、作業量が増加すれば発じん量も増加し得る（文献No.3）。また、FB ボードとスラグ石膏板を比較した結果、切断面積あたりの石綿粉じん濃度はFB ボードの方が高く、切断頻度および切断者の熟練度が濃度に影響することが示唆されている（文献No.3）。

- ・作業環境の粉じん飛散への影響

作業環境も補足的に分析すべき要因である。文献No.3 では、屋外実験の粉じん濃度は屋内実験の約 1/10 以下であったとされ、屋外では発生粉じんが広い空間に拡散するため、測定濃度が低下しやすい（文献No.3）。また、文献No.2 では、破壊地点から 5～15m にかけて石綿濃度が減少する傾向が示されており、距離、気流、換気条件も測定濃度に影響する（文献No.2）。

以上より、石綿含有ボード切断時の石綿粉じん飛散は、建材の石綿含有率のみでは説明できず、ボードの材質・成形状態、工具の種類・回転数、刃の種類、集じん方法、湿潤化の方法、切断回数・切断頻度、作業者の技能、作業環境が複合的に影響する。特に、集じん機の使用、切断部近傍での捕集、工具回転数の調整、常時湿潤化は、飛散抑制に関する主要な対策要因として整理できる。文献No.19 に相当する実験条件では、石綿含有けい酸カルシウム板の表面側・排気口開放・水噴霧条件で、湿潤なし条件に比べて総繊維数および石綿繊維数が低く、常時湿潤化の有効性を示す結果の一つとして位置づけられる（文献No.12）。

石綿則で求められる「常時湿潤化」を実現する電動工具による切断を試行した研究（文献No.12）は高い粉じん抑制効果が得られた。また、除塵性能を有する電動工具の使用にあたっては影響する要因を精査し工事計画を行う必要性が確認された。

4. まとめ

本研究では、収集した文献から石綿粉じんの飛散への影響を抽出し整理した。

これらの石綿粉じんへの影響要因については、複数の要因を考慮して工事の計画を行う必要がある。工事の対象となる建材の特性および環境条件に合わせ、工具・刃、集じん機等を選定した上で適用可能な湿潤手段をとることが望ましい。

石綿含有ボードの切断は、可能な限り避け、ねじ等の接合具を撤去し除去するのが石綿粉じん飛散防止の観点から望ましい。切断が必要な場面は改修工事において設備の追加時に正確にボードを切断する等の場面が想定される。改修工事においては小規模な工事業者も多く参入しており、石綿対策の認知も低いことから、今後のデータの蓄積によりの確な情報提供が望まれる。

参考文献

1. 社団法人 日本石綿協会、平成 8 年度通商産業省委託、石綿含有低減化製品等調査研究、1997 年 3 月
2. アスベスト飛散防止対策検討会、建築物の解体等に係る石綿飛散防止対策 ―アスベスト飛散防止対策検討会報告書―、1998 年 2 月
3. 社団法人 日本石綿協会、平成 9 年度通商産業省委託、石綿含有低減化製品等調査研究、1998 年 3 月
4. 社団法人 日本石綿協会、平成 10 年度通商産業省委託、石綿含有低減化製品等調査研究、1999 年 3 月
5. 社団法人 日本石綿協会、窯業系建築材料切断時の粉じん対策（マニュアル）、2001 年 9 月
6. 東京都環境局、アスベスト成形板対策マニュアル、2015 年 1 月
7. 古賀純子他、アスベスト含有建築用仕上塗材の改修・除去におけるアスベストの飛散性の検証、日本建築学会技術報告集、第 22 巻第 51 号、pp. 441-446、2016 年 6 月
8. 本橋健司他、石綿含有建築用仕上塗材の施工された外壁への水循環式無振動ドリルを用いた穿孔作業、日本建築学会大会学術講演梗概集、材料施工、pp. 1315-1316、2019. 9
9. 古賀純子他、石綿含有仕上塗材外壁の解体手法の検討、日本建築学会大会学術講演梗概集、材料施工
10. 本橋健司他、石綿含有仕上塗材が施工された外壁に適用する外壁複合改修工法の施工マニュアルの開発、日本建築学会大会学術講演梗概集、材料施工、pp. 449-450、2023. 9
11. 古賀純子他、石綿含有建材の改修・解体工事における石綿粉じん飛散状況の検証（令和 6 年度厚労科研）
12. 令和 7 年度代表的な解体現場等の濃度測定等事業検討会、石綿含有建材等切断時の石綿ばく露等に関する実験結果報告書、2026 年 3 月

13. Brown, S.K., Asbestos Exposure During Renovation and Demolition of Asbestos-Cement Clad Buildings, American Industrial Hygiene Association Journal, Vol. 48, No. 5, pp. 478-486, May 1987, DOI: 10.1080/15298668791385075
14. Spurny, K.R., On the Release of Asbestos Fibers from Weathered and Corroded Asbestos Cement Products, Environmental Research, Vol. 48, No. 1, pp. 100-116, January 1989, DOI: 10.1016/S0013-9351(89)80089-1
15. Lange, J.H., Airborne Asbestos Concentrations During Abatement of Floor Tile and Mastic: Evaluation of Two Different Containment Systems and Discussion of Regulatory Issues, Indoor and Built Environment, Vol. 10, No. 3-4, pp. 193-199, 2001, DOI: 10.1177/1420326X0101000312
16. Croteau, G.A., Flanagan, M.E., Camp, J.E., and Seixas, N.S., The Effect of Local Exhaust Ventilation Controls on Dust Exposures During Concrete Cutting and Grinding Activities, AIHA Journal, Vol. 63, No. 4, pp. 458-467, July-August 2002, DOI: 10.1080/15428110208984734
17. Brick, T., Rennie, D., and Susi, P., In-Depth Survey Report: Dust Control Technology for Cutting Concrete Block and Tuckpointing Brick, NIOSH Health Hazard Evaluation Report, EPHB Report No. 282-13, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), 2007, DOI: 10.26616/NIOSH/EPHB28213
18. Perkins, R., Hargeshimer, J., and Fourie, W., Asbestos Release from Whole-Building Demolition of Buildings with Asbestos-Containing Material, Journal of Occupational and Environmental Hygiene, Vol. 4, No. 12, pp. 889-894, December 2007, DOI: 10.1080/15459620701691023
19. Phanprasit, W., Sujiraratt, D., Chotigeat, U., and Limpanont, Y., Asbestos Exposure among Mitring Workers in a Construction Material Factory in Thailand, Safety and Health at Work, Vol. 3, No. 3, pp. 209-214, September 2012, DOI: 10.5491/SHAW.2012.3.3.209
20. Kakooei, H., Normohammadi, M., Hosseini, M., Yari, S., and Halvani, G.H., Asbestos Exposure among Construction Workers During Demolition of Old Houses in

Tehran, Iran, Industrial Health, Vol. 52, No. 1, pp. 71-77, January 2014, DOI: 10.2486/indhealth.2013-0122

21. Stevulova, N., Estokova, A., Holub, M., Singovszka, E., and Csach, K., Characterization of Demolition Construction Waste Containing Asbestos, and the Release of Fibrous Dust Particles, Applied Sciences, Vol. 10, No. 11, Article 4048, June 2020, DOI: 10.3390/app10114048

22. Ervik, T.K., Eriksen Hammer, S., and Graff, P., Measurements of Airborne Asbestos Fibres during Refurbishing, Annals of Work Exposures and Health, Vol. 67, No. 8, pp. 952-964, September 2023, DOI: 10.1093/annweh/wxad054

付録 参考文献要約

注 1 : 海外文献は翻訳アプリ「DeepL」を使用し日本語に翻訳を行った。

注 2 : 斜体は筆者によるまとめである。

文献No.1 「平成 8 年度通商産業省委託 石綿含有低減化製品等」

石綿含有製品のうち、製造量の多い建材について、その切断・研磨などの加工時、解体時を想定した実験等により石綿繊維を含む粉じん発生量の測定評価等を行った。

具体的には、以下。

- (1) 切断・研磨などの加工時
- (2) 解体作業時

を想定した実験等における石綿繊維を含む粉じん発生量の測定評価を行う。

対象建材は下表のとおり。

表 対象建材

種類	クリソタイル (%)
住宅屋根用化粧スレート	8.9
押出成形品	6.3
FBボード	6.9
大波スレート	4.8
スラグ石膏板	5.1
けい酸カルシウム板第1種	0
古い大波スレート	6.3
古い住宅屋根用化粧スレート	14.1

「古い住宅屋根用化粧スレート」は 17 年経過品

幅 3m×長さ 20m×高さ 2.5m の容積 150m³の実験室内で実施。

○ 給気側…

①54m³/分のマイクロラップセンチネンタルス型負圧除じん装置
(アスベストコントロールテクノロジー社) 3 台

②整流格子 (気流の方向、流速の安定のため)

○ 排気側…54m³/分の同上装置 3 台及び 30m³/分の同上装置 1 台

施工・破碎実験

施工実験

実験は次の①～⑧の手順に従って実施した。

- ① 実験材料表面を HEPA (超高性能微粒子エアフィルタ) 付掃除機で掃除する。
- ② 実験材料を実験室内に入れ、施工位置にセットする。
- ③ホルダーをセットする。

- ④ 実験室を密閉する。
- ⑤ 施工を開始する。
- ⑥ 無風実験では施工終了 1 分後にサンプリングを開始し、気流実験では施工開始 1 分後にサンプリングを開始する。
- ⑦ サンプリング終了後、負圧除じん装置で実験室内の換気を行った後、HEPA 付掃除機で施工場所を掃除する。
- ⑧ サンプリングホルダーを回収する。

各実験材料の施工条件は表 1.3 に示した通りである。

表 施工設備

実験材料	器具型式
住宅屋根用化粧スレート	クボタシングルカッター KH-970D
押出成形品	ドリル：日立工機 日東成形板専用 NTパワードリル
FBボード	丸ノコ：日立工機 (C8Y) 刃：ダイヤモンドソー 集じん機：ニルフィスクジャパン (GS80) マット：クボタ防塵マット
大波スレート	丸ノコ：日立工機 刃：窯業用チップソー 日立工機 集じん機：ニルフィスクジャパン (GS80) マット：クボタ防塵マット
スラグ石膏板	丸ノコ：日立工機 (C8Y) 刃：ダイヤモンドソー 集じん機：ニルフィスクジャパン (GS80) マット：クボタ防塵マット
けい酸カルシウム板第1種	丸ノコ：日立工機 (C8Y) 刃：ダイヤモンドソー 集じん機：ニルフィスクジャパン (GS80) マット：クボタ防塵マット

破碎実験

実験は次の①～⑧の手順に従って実施した。

- ① 実験材料表面を HEPA 付掃除機で掃除する。
- ② 実験材料を実験室内に入れ、破碎位置にセットする。
- ③ ホルダーをセットする。
- ④ 実験室を密閉する。
- ⑤ 破碎を開始する。(破碎は約 6.3kg の鋼球を高さ 70cm の所から実験材料に落とし、この操作を 10 回繰り返した。)

- ⑥ 破碎開始 1 分後にサンプリングを開始する。
- ⑦ サンプリング終了後、負圧除じん装置で実験室内の換気を行った後、HEPA 付掃除機で破碎場所を掃除する。
- ⑧ サンプリングホルダーを回収する。

○無風の飛散実験結果（新品の材料使用）

- ① 住宅屋根用化粧スレートは押し切りで切断し、押出成形品はドリルで孔あけを行ったが、石綿濃度は $0.05\text{f}/\text{cm}^3$ 以下であり、石綿粉じんの拡散も認められなかった。
- ② FB ボード、大波スレート、スラグ石膏板は丸ノコによる切断であったが、平均的に石綿濃度が高かったのが、スラグ石膏板 ($1.82\sim 5.61\text{f}/\text{cm}^3$) で、次に FB ボード ($0.20\sim 2.43\text{f}/\text{cm}^3$)、大波スレート ($0.09\sim 1.42\text{f}/\text{cm}^3$) の順であった。スラグ石膏板、FB ボードとも、整流板側 8m の地点が最大で、大波スレートは排気側 8m の地点であった。

○気流の飛散実験結果（新品の材料使用）

B ボードを除き、無風の時に比べて $1/3\sim 1/10$ 程度の濃度低下が認められたが、拡散の影響は認められなかった。FB ボードは無風と気流に大きな差が認められなかった。

○破碎実験結果（古い材料使用）

解体を想定した破碎実験では、古い大波スレートが $0.12\sim 0.29\text{f}/\text{cm}^3$ の濃度範囲で、古い住宅屋根用化粧スレートが $0.04\sim 0.14\text{f}/\text{cm}^3$ の濃度範囲であったが、気流と距離による減衰は認められなかった。

○個人ばく露濃度測定結果

FB ボードを除き、無風に比べて気流がある場合の方が濃度低下が認められた。FB ボードの場合、無風より気流のある方が若干濃度が高かった。

また、無風の場合スラグ石膏板が最大の石綿濃度 ($6.62\text{f}/\text{cm}^3$) を示し、次に大波スレート ($3.36\text{f}/\text{cm}^3$)、住宅屋根用化粧スレート ($0.84\text{f}/\text{cm}^3$)、FB ボード ($0.65\text{f}/\text{cm}^3$)、押出成形品 ($0.05\text{f}/\text{cm}^3$) の順であった。

石綿含有率によるよりも、実験材料の成分と密度が石綿粉じん飛散の程度に起因していることが示唆された。

文献No.2 「建築物の解体等に係る石綿飛散防止対策—アスベスト飛散防止対策検討会報告書—」

密度等の性状から石綿の飛散性がある程度高いと考えられるものを対象とし、建築物の解体等を想定した飛散性に関する室内実験を実施した。

対象建材は以下。

- ①石綿けい酸カルシウム板第一種
- ②石綿けい酸カルシウム板第二種
- ③規格外の石綿含有成形板（吹付け材を固めた態様のもの）A、Bの2種類
- ④石綿けい酸カルシウム保温材*

*：保温材については建築材料には該当しないが、参考のため実験材料とした。

8m³のチャンバー内において、6.3kgの鋼球を70cmの高さから落下させる破壊テストを行った。試料2枚を続けて破壊した後、小型扇風機により1分間チャンバー内空気を攪拌、4分間静置し、チャンバー内の5点において5分間のサンプリングを行った。

また、散水による飛散抑制効果を検証するため、試料にあらかじめ3分間散水したもののについて同様の破壊テストを行った。

実験は、石綿含有耐火被覆板Bについては散水なし・散水ありの各ケース1回、それ以外の試料については散水なし2回、散水あり1回実施。

また、150m³（幅3m×高さ2.5m×長さ20m）の室内において、平均風速約30cm/sの気流を発生させ、流下における石綿濃度を測定した。試料の破壊は第1次実験と同様であるが、試料10枚を連続して破壊しつつ、10分間のサンプリングを行った。サンプリングは、流下0m、10m、15mの位置で各5地点ずつ行った。

なお、石綿含有耐火被覆板A（2回）、けい酸カルシウム板第2種（3回）、石綿けい酸カルシウム保温材（1回）の3種類の材料について実施した。

チャンバー実験の結果は以下であった。

ア．建築材料の種類別に見た石綿濃度

建築材料の種類別に石綿濃度を見ると、石綿耐火被覆板(1-II、1-IV)が他のものに比べ5~6倍高い。石綿けい酸カルシウム板第二種(1-III)、石綿けい酸カルシウム保温材(1-V)及び石綿けい酸カルシウム板第一種(1-I)は、この順に高くなっているものの、その差はごくわずかであった。

イ．密度と飛散性の関係

各材料の密度と石綿濃度（飛散性）との間には明確な相関は認められなかった。

ウ．チャンバー内の石綿分布

チャンバー内の5地点で濃度を測定したが、その幾何標準偏差は1.02~1.32であり、チャ

ンバー内に石綿がほぼ均一に分布していたことを示している。

エ．散水の効果

散水による石綿飛散低減効果は、全ての材料について認められたが、材料によってその効果の大きさに違いが見られた。

屋外実験の結果は以下。

ア．材料種類別の石綿濃度

耐火被覆板の濃度が他と比べ高く、石綿けい酸カルシウム板、石綿保温材は同程度であり、第1次実験の結果が風洞実験においても確認された。

イ．破壊地点からの距離と石綿濃度

各テストごとに、材料の破壊地点からの距離と石綿濃度の関係を見ると5~15mにかけて減少傾向にあり、石綿の沈降等の効果が推測される。

文献No.3 「平成9年度通商産業省委託 石綿含有低減化製品等調査研究」

本調査研究では、石綿含有製品のうち、石綿の使用量が多くかつ生産量の多い石綿含有建築材料を対象に、施工現場及び解体現場のうち、特に施工現場における石綿繊維を含む粉じん発生量・濃度を把握するとともにその評価を行うことを目的とする。併せて、製品のライフサイクルに関する窯業系建築材料製造業者の実態調査を行う。

対象建材は下表のとおり。

表 対象建材

建築材料名	石綿含有率 (メーカー公表値)	石綿含有率 (平成8年度報告)	かさ比重 (g/cm ³)	寸法
FBボード	8～10%	6.90%	1.73	約90cm×45cm×厚み6mm
スラグ石膏板	4.1%	5.10%	1.0	約90cm×45cm×厚み6mm
サイディング	0%	—	1.0	約90cm×45cm×厚み12mm
けい酸カルシウム板第一種	0%	—	0.7～0.9	約90cm×45cm×厚み6mm

屋内実験の概要は以下。

○切断工具

- ① 日立工機 C8Y (刃は $\phi 265$ のチップソー)
- ② 日立工機 C4YA (刃は基本的に $\phi 100$ のダイヤモンドソーであるが一部 $\phi 100$ のチップソーを使用)

○粉じん対策設備

- ・集じん機：ニルフィスク 80S
- ・防じん切断マット：クボタ防じんマット (25cm 角/枚)

○切断条件

実験建築材料	切断回数	切断パターン
FBボード	10回	1回切断3分間休憩これを10回繰返す
スラグ石膏板	20回	1回切断90秒休憩これを20回繰返す
サイディング	75回	1回切断24秒休憩これを75回繰返す
けい酸カルシウム板第1種	25回	1回切断72秒休憩これを25回繰返す

・パレットの上に防じん切断マットを敷き(サイディングとけい酸カルシウム板第一種は除く)、実験建築材料を2枚重ね(サイディングのみ1枚)にして、所定位置(切断位置目印)にセット。

- ・切断工具に吸引接続ホースを取り付け、屋外の集じん機に排気。

実験条件と粉じん対策

表 工具および切断条件

実験建築材料	実験番号	使用機器	刃の種類	換気状態	粉じん対策
FBボード	CM-10	C8Y	チップソー	小型換気	集じん機+マット
FBボード	CM-25	C8Y	チップソー	小型+中型換気	集じん機+マット
FBボード	DM-10	C4YA	ダイヤモンドソー	小型換気	集じん機+マット
FBボード	DM-25	C4YA	ダイヤモンドソー	小型+中型換気	集じん機+マット
FBボード	C*M-10	C4YA	チップソー	小型換気	集じん機+マット
スラグ石膏板	CM-10	C8Y	チップソー	小型換気	集じん機+マット
スラグ石膏板	CM-25	C8Y	チップソー	小型+中型換気	集じん機+マット
スラグ石膏板	DM-10	C4YA	ダイヤモンドソー	小型換気	集じん機+マット
スラグ石膏板	DM-25	C4YA	ダイヤモンドソー	小型+中型換気	集じん機+マット
サイディング	C-25	C8Y	チップソー	小型+中型換気	集じん機
サイディング	D-25	C4YA	ダイヤモンドソー	小型+中型換気	集じん機
けい酸カルシウム板第一種	C-10	C8Y	チップソー	小型換気	集じん機
けい酸カルシウム板第一種	D-10	C4YA	ダイヤモンドソー	小型換気	集じん機
スラグ石膏板	C-屋外①	C8Y	チップソー	—	集じん機
スラグ石膏板	C-屋外②	C8Y	チップソー	—	集じん機
スラグ石膏板	D-屋外	C4YA	ダイヤモンドソー	—	集じん機

実験結果の抜粋は以下。

建材	実験条件	幾何平均値 (f/cm ³)	幾何標準偏差	個人・濃度 (f/cm ³)
FBボード	CM-10	0.73	1.1	0.95
	CM-25	0.39	1.18	0.27
	DM-10	0.34	1.18	0.38
	DM-25	0.03	1.98	0.03
	C*M-10	0.15	1.16	0.09
スラグ石膏板	CM-10	0.23	1.22	0.4
	CM-25	0.18	1.21	0.22
	DM-10	0.12	1.17	0.18
	DM-25	0.06	1.13	0.02
スラグ石膏板	C-屋外①	0.004以下	1.33	0.012以下
	C-屋外②	0.005	1.81	0.012以下
	D-屋外	0.005	1.55	0.042

○実験に関する考察（まとめ）

(1) 石綿粉じんの飛散状況

- ① 住宅屋根用化粧スレートは押し切りで切断し、押出成形品はドリルで孔あけを行ったが、石綿濃度は0.05f/cm³以下であり、石綿粉じんの拡散も認められなかった。
- ② FB ボード、大波スレート、スラグ石膏板は丸ノコによる切断であったが、平均的な石綿濃度が高かったのが、スラグ石膏板（1.82～5.61f/cm³）で、次に FB ボード（0.20～2.43f/cm³）、大波スレート（0.09～1.42f/cm³）の順であった。スラグ石膏板、FB ボードとも、整流板側 8m の地点が最大で、大波スレートは排気側 8m の地点であった。

(2) 吸入性粉じんの飛散状況

吸入性粉じんの場合は、石綿粉じんの場合と異なり、番粉じん濃度が高かったのが、FB

ボード (15.60~30.81mg/m³)、次にけい酸カルシウム板第一種 (9.10~21.43mg/m³)、スラグ石膏板 (3.90~14.32mg/m³)、大波スレート (0.65~6.70mg/m³)、押出成形品 (0.66~5.36mg/m³)、住宅屋根用化粧スレート (1.30~3.90mg/m³) の順であった。また大波スレートを除き、0m の地点の粉じん濃度に比べて、整流板側、排気側とも粉じん濃度が高く、粉じんの拡散が認められた。

(3) 浮遊石綿繊維のサイズ分布

- ① 住宅屋根用化粧スレート、押出成形品は、測定データは少ないが、0m 地点と整流側 4m 地点で浮遊石綿繊維のサイズが異なっていた。
- ② FB ボード、大波スレート、スラグ石膏板は、中位長さは地点によって異なっているものの、中位径はどの地点もほぼ同じ (約 0.1 μm) であった。

○気流の飛散実験結果 (新品の材料使用)

(1) 気流の状況

平均気流は 0~3m 地点で 1.26~0.69m/s であったが、4m 地点から 16m 地点ではほぼ 0.2m/s であった。

(2) 石綿粉じんの飛散状況

FB ボードを除き、無風の時に比べて 1/3~1/10 程度の濃度低下が認められたが、拡散の影響は認められなかった。FB ボードは無風と気流に大きな差が認められなかった。

○破碎実験結果 (古い材料使用)

解体を想定した破碎実験では、古い大波スレートが 0.12~0.29f/cm³ の濃度範囲で、古い住宅屋根用化粧スレートが 0.04~0.14f/cm³ の濃度範囲であったが、気流と距離による濃度は認められなかった。

○個人ばく露濃度測定結果

FB ボードを除き、無風に比べて気流がある場合の方が濃度低下が認められた。FB ボードの場合、無風より気流のある方が若干濃度が高かった。

また、無風の場合である石綿粉じんの石綿濃度 (0.62f/cm³) を示した大波スレート (3.36f/cm³)、住宅屋根用化粧スレート (0.84f/cm³)、FB ボード (0.65f/cm³)、押出成形品 (0.05f/cm³) であった。

平成 8 年度委託調査で行った同様な実験材料を使用して、切断工具、切断刃、粉じん対策、換気の状態が同じ状態で、FB ボードとスラグ石膏板に関し、切断面積 (m²) あたりの石綿粉じん濃度を比較すると、FB ボードの方が、約 1~6 倍程度高い結果となった。切断頻度及び切断者の技量即ち切断の熟練度に大きく関係していることが示唆された。

文献No.4 「平成 10 年度通商産業省委託 石綿含有低減化製品等調査研究」

(社) 日本石綿協会発行「石綿建築材料の取扱いマニュアル」(平成元年) より抜粋した施工現場での石綿粉じん濃度データが示された。

表 1

項目	ケース 1	ケース 2	ケース 3
測定年月	昭和 62 年 10 月	昭和 62 年 11 月	昭和 63 年 2 月
使用石綿含有建材	波スレート	大波・小波スレート	FB ボード
石綿含有率	10%以下	10%以下	15%以下
屋内外の区分	屋外作業	屋外作業	屋外作業
作業内容	切断	切断(厚し)	切断
粉じん対策	集じん機なし	集じん機なし	集じん機なし
切断工具	電動ノコ	バンドソー	電動ノコ
計測時間(分)	31	32	84 / 0
個人ばく露(吸入性粉じん濃度)(f/cm ³)	0.022 / 0.040	0.210 / 0.016	0.195 / 0.312

表 2

項目	ケース 1	ケース 2
測定年月	昭和 62 年 10 月	昭和 62 年 11 月
使用石綿含有建材	押出成形板	押出成形板
石綿含有率	15%以下	15%以下
屋内外の区分	屋外作業	屋外作業
作業内容	切断加工	切断加工
粉じん対策	集じん機使用(NIVAC)	集じん機使用(マキタ)
切断工具	電動丸ノコ(TS-8)	電動丸ノコ(TS-0)
計測時間(分)	9.5 / 7.0	14.2 / 15
個人ばく露(吸入性粉じん濃度)(f/cm ³)	0.016 / 0.011	0.043 / 0.029

表 3

項目	ケース 1	ケース 2	ケース 3
測定年月	昭和 63 年 8 月	昭和 63 年 8 月	平成元年 1 月
使用石綿含有建材	大波スレート	小波スレート	FB ボード
石綿含有率	10%以下	10%以下	15%以下
屋内外の区分	屋外作業	屋外作業	屋内作業
作業内容	屋上作業	壁工作業	壁工作業
粉じん対策	NILFISK 使用	NILFISK 使用	NILFISK+マット使用
切断工具	電動ノコ(C8Y)	電動ノコ(C8Y)	電動ノコ(C4Y)
計測時間(分)	120 / 120	120 / 120	90 / 90
個人ばく露(吸入性粉じん濃度)(f/cm ³)	0.025 / 0.032	0.012 / 0.006	0.180 / 0.236

この結果より、石綿粉じん濃度の低減に繋がることに関し以下が指摘された。

- ・石綿含有建材切断時に伴う石綿粉じんの発生は、密度、切断工具等も要因の一つであるが、切断の頻度、切断者の技能が大きく寄与することが示唆された。
- ・切断工具に使用する刃は、ダイヤモンドソーの方が石綿粉じん発生の低減に繋がる。
- ・粉じん対策として集じん機は絶対必要であるが、材料の厚み、切断形態によっては防じん切断マット使用は問題があることが想定された。
- ・粉じん対策を行った上での屋内の切断作業では国内基準、日本石綿協会自主基準を十分満足できるものと思われる。
- ・粉じん対策を行った上での屋外の切断作業は概ね工場敷地境界における石綿粉じん濃度基準をも満足できる濃度レベルが担保できるものと思われる。
- ・更なる石綿粉じん濃度を低減するためには、電動丸ノコにおける石綿粉じん取込みの改良が必要である。

文献No.5 「窯業系建築材料切断時の粉じん対策（マニュアル）」

建設業労働災害防止協会発行「石綿含有建築材料の施工における作業マニュアル」からの抜粋であるデータが示された。

表

屋内外	作業番号	使用石綿含有建築材料	作業種類	作業条件	個人ばく露濃度(f/cm ³)	備考
屋外	A	大波スレート板	屋上作業	通常作業	0.001	屋根
屋外	B	大波スレート板	切断作業	120	0.009	
屋外	C	大波スレート板	作業前半	130	0.002	
屋外	A	小波スレート板	屋上作業	120	0.013	外壁
屋外	B	小波スレート板	切断作業	120	0.002	
屋外	C	小波スレート板	作業前半	120	0.180	
屋内	A	ノンアスリル板	屋上作業	120	0.230	内装
屋内	B	ノンアスリル板	切断作業	120	0.080	
屋内	A	けい酸カルシウム板	作業前半	60	0.290	内装
屋内	B	けい酸カルシウム板	作業後半	60	0.370	
屋内	C	けい酸カルシウム板	作業前半	60	0.377	

付属資料 1

電動丸ノコを使用し、切断する板の下面に試作品の吸引フードを取り付け、8 m³のチャンバー内で切断を行い、吸入性粉じん、石綿濃度の測定を行った。

表 実験条件

実験No.	切断に使用した建材	丸鋸の刃の種類	使用したフード形式
①	スレートボード	チップソー	上部吸引フードのみ
②	スレートボード	チップソー	下部吸引フードのみ
③	スレートボード	チップソー	上部・下部吸引フード
④	スレートボード	ダイヤモンドソー	上部吸引フードのみ
⑤	スレートボード	ダイヤモンドソー	上部・下部吸引フード
⑥	スラグセっこう板	チップソー	上部吸引フードのみ
⑦	スラグセっこう板	チップソー	下部吸引フードのみ
⑧	スラグセっこう板	チップソー	上部・下部吸引フード
⑨	スラグセっこう板	ダイヤモンドソー	上部吸引フードのみ
⑩	スラグセっこう板	ダイヤモンドソー	上部・下部吸引フード

表 測定結果

実験No.	チャンパー内幾何平均濃度				個人ばく露濃度		
	石綿濃度		粉じん濃度 (mg/m ³)		石綿濃度	粉じん濃度 (mg/m ³)	
	(本/cm ³)	(σ)	吸入性粉じん	総粉じん	(本/cm ³)	吸入性粉じん	総粉じん
①	2.39	1.11	22.09	62.54	1.68	13.65	69.03
②	3.83	1.03	4.59	10.29	2.35	4.41	13.82
③	0.33	1.08	0.34	0.95	0.28	0.44	2.06
④	4.25	1.1	38.54	115.29	3.44	25.6	136.8
⑤	2.12	1.15	1.09	2.84	1.54	1.29	5
⑥	6.86	1.08	27.25	59.6	3.34	25.6	92.8
⑦	5.41	1.14	5.06	9.02	4.03	7	13
⑧	2.19	1.08	3.16	7.25	1.66	3.85	9.08
⑨	8.67	1.15	57.08	135.01	4.43	42.4	177.6
⑩	0.23	1.26	0.28	0.93	0.22	0.88	2.06

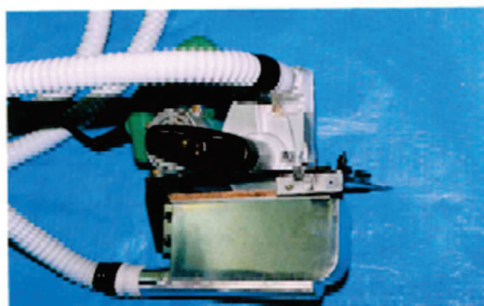
まとめ

(1) 現在市販の電動丸ノコについている上部のみの吸引フードに比べ、試作した下部吸引フードを付加した上・下部吸引フードでの効果は非常に大きい。

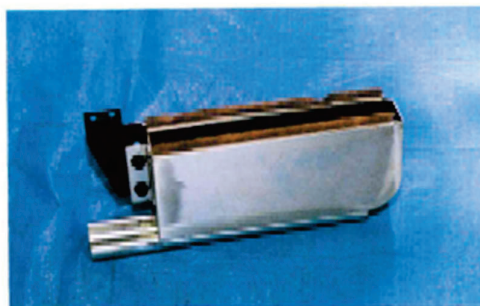
(2) 上部吸引フードを脱し、下部吸引フードのみの場合でも、上部吸引フードのみの時より良い結果であった。

(3) 上・下部に吸引フードをつけた場合、発じん抑制に非常に効果のあることがわかったが、実際の使用面で次の問題がある。

- ① 実際の現場での切断方法としては、「ハネ出し切り落としによる切断方法」「スパーサーを利用した切断方法」「電動丸ノコで切り残した部分をカッターナイフで切断する方法」等があるが、この下部吸引フードは「はね出しをして切断する方法」にしか使用できない。
- ② 上・下部に吸引フードを付けた電動丸ノコは重量が重くなり使用し難い。(試作した下部吸引フードは鉄製であり、樹脂製にすると本問題がかなり解消される)
- ③ 曲線の切断が出来ない。丸ノコの後部にフードを吊り下げる鋼板があるため、曲線の切断が困難である。元々電動丸ノコは曲線切りが難しいが更に困難となる。



付属1. 写-1 上下吸引フード付電動丸ノコ全体



付属1. 写-2 下部吸引フードのみ

文献No.7 「アスベスト含有建築用仕上塗材の改修・除去におけるアスベストの飛散性の検証」

石綿含有仕上塗材の施工された試験体に対し、表の剥離工法を適用し、石綿粉じんの飛散状況の確認が行われた。

表 剥離工法

1	高圧水洗浄 (15MPa) ・飛沫防止用カバー	複層 RE 4 体
2	高圧水洗浄 (15MPa)	複層 RE 4 体
3	超高压水洗 (100MPa) ・飛沫防止用カバー	複層 RE 2 体*
4	はく離剤併用 超高压水洗 (100MPa)	複層 RE 2 体*
5	電動工具 (はつり) けれん	複層 RS 2 体
6	電動工具 (ディスクサンダー) けれん・粉じんカバー	複層 RE 2 体*
7	電動工具 (ディスクサンダー) けれん	複層 RE 2 体*
8	超音波けれん	複層 E 2 体
9	はく離剤併用 超音波けれん	複層 E 2 体
10	ブレーカによる解体	複層 RS 2 体

*No.1、2 で実施した高圧水洗浄後の試験体を用いる

表 剥離工法適用時の繊維数濃度

実験内容		試料	作業時間 (min)	測定点	総繊維数濃度 (f/L)	定量下限 (f/L)	無機質繊維数濃度 (f/L)	アスベスト(クリソタル)繊維数濃度 (f/L)
No.	工法							
1	高圧水洗浄(15MPa)・飛沫防止用カバー	複層 RE	10	①	14.8	3.60		
				②	18.8	3.60		
				③	13.4	3.60		
2	高圧水洗浄(15MPa)	複層 RE	10	①	20.2	3.60		
				②	14.8	3.60		
				③	17.5	3.60		
3	超高圧水洗(100MPa)・飛沫防止用カバー	複層 RE	10	①	329	3.60		
				②	258	3.60		
				③	290	3.60		
4	はく離剤併用 超高圧水洗(100MPa)	複層 RE	10	①	13.4	3.60		
				②	17.5	3.60		
				③	20.2	3.60		
5	電動工具(はつり)けれん	複層 RS	10	①	65.9	3.60		
				②	117	3.60		
				③	86.0	3.60		
6	電動工具(ディスクサンダー)けれん・粉じんカバー	複層 RE	10	①	33.6	3.60		
				②	29.6	3.60		
				③	33.6	3.60		
7-1	電動工具(ディスクサンダー)けれん	複層 RE	5	①	336000	7.10		
				②	398000	7.10		
				③	329000	7.10		
7-2			5	①	252000	7.10		
				②	313000	7.10		
				③	156000	7.10		
8	超音波けれん	複層 E	10	①	82.0	3.60		
				②	60.5	3.60		
				③	87.4	3.60		
9	はく離剤併用 超音波けれん	複層 E	13	①	53.8	2.70		
				②	81.7	2.70		
				③	50.7	2.70		
10	ブレーカによる解体	複層 RS	10	①	1180	3.60		
				②	1240	3.60		
				③	1020	3.60		
バックグラウンド(8月20日測定)					17.0	2.40		

改修工法によって、塗材の除去程度や発じん量に差があることが確認された。特に電動グラインダで粉じんが多く発生した。ただし、高圧水洗の飛沫や粉じんを吸引することのできるカバーを併用すれば、一定程度発じん量を抑制できる。

工法によっては高い総繊維数濃度が計測されたものの、本検討で検討した範囲においては、総繊維数中のアスベスト（クリソタイル）繊維数濃度は高くなかった。粉じんがアスベストか否かに関わらず、総粉じん量の抑制の観点から対策が必要である。

塗材除去に伴い発生する副産物のうち、確認を行った廃水中からアスベスト（クリソタイル）の混入が確認された。副産物は適正に処理を行う必要がある。

文献No.8 「石綿含有建築用仕上塗材の施工された外壁への水循環式無振動ドリルを用いた穿孔作業」

- ①石綿含有塗料仕上塗材が施工された壁体への穿孔作業（作業パターン 1）
- ②石綿含有建築用仕上塗材を除去する作業（作業パターン 2）を実施し、作業者に対する石綿じん濃度（個人ばく露濃度）および施工エリア周辺の石綿粉じん濃度を確認した。

表 個人ばく露濃度結果

項目	総繊維数濃度 (f/L)	無機質繊維数濃度 (f/L)	クリソタイル繊維数濃度 (f/L)
作業パターン 1	3.1	1.3	定量下限値 (0.4 f/L) 以下
作業パターン 2	1.6	0.7	定量下限値 (0.3 f/L) 以下

表 作業場所等の粉じん濃度結果

測定点	総繊維数濃度 (f/L)	無機質繊維数濃度 (f/L)	クリソタイル繊維数濃度 (f/L)
①	1.7	1.3	定量下限値 (0.1 f/L) 以下
②	1.0	1.0	定量下限値 (0.1 f/L) 以下
③	1.5	1.0	定量下限値 (0.1 f/L) 以下
④	1.2	0.7	定量下限値 (0.1 f/L) 以下

水循環式ドリルを使用した穿孔時に石綿粉じんの飛散が確認されなかったことが報告された。

文献No.9 「石綿含有仕上塗材外壁の解体手法の検討」

石綿含有仕上塗材の施された鉄筋コンクリートの壁体を解体する工法を適用した場合の石綿粉じんの飛散状況が報告された。

解体はコンクリートカッター(工法 A)、粉碎を再現できるハンドクラッシャー(工法 B)、破碎を再現できるハンドブレーカー (工法 C) の3種の工具を用いて実施。工法 B、C は乾燥状態、ホースを用いた散水状態の2条件で実施された。

結果は以下の通りであり、いずれの工法適用時の石綿粉じんの飛散は確認されなかった。

表2 空気質測定結果

No.	工法	解体体積(m ³) 作業員数(人)	測定箇所*	空気質測定結果(f/L)		
				総繊維 数濃度	石綿繊維 数濃度	検出 下限値
1	B 乾燥 養生有り	0.04	①呼吸域	39	<5.0	5.0
			②作業近傍	16		1.0
		2	④作業周辺	11	<1.0	1.0
			⑤敷地風下	0.22		0.22
2	B 湿潤 養生有り	0.04	①呼吸域	34	<5.0	5.0
			②作業近傍	16		1.0
		3	④作業周辺	12	<1.0	1.0
			⑤敷地風下	2.1		0.22
3	C 乾燥 養生有り	0.03	①呼吸域	420	<25	25
			②作業近傍	220		15
		1	④作業周辺	74	<5.0	5.0
			⑤敷地風下	1.3		0.22
4	C 湿潤 養生有り	0.03	①呼吸域	78	<5.0	5.0
			②作業近傍	14		1.0
		2	④作業周辺	11	<1.0	1.0
			⑤敷地風下	0.22		0.22
5	B 湿潤 養生無し	0.04	①呼吸域	17	<5.0	5.0
			②作業近傍	3.4		1.0
		3	③作業所上部	6.4		1.0
			④作業周辺	7.4	<1.0	1.0
6	C 湿潤 養生無し	0.03	①呼吸域	83	<5.0	5.0
			②作業近傍	11		1.0
		2	③作業所上部	11		1.0
			④作業周辺	13	<1.0	1.0
7	A 湿潤 養生無し	0.03	①呼吸域	58	<5.0	5.0
			②作業近傍	8.3		1.0
		1	③作業所上部	8.8		1.0
			④作業周辺	14	<1.0	1.0
			⑤敷地風下	1.5		0.22

*①：メンブランフィルター直径25mm,1L/min,10min採取

②～④：メンブランフィルター直径25mm,5L/min,10min採取

⑤：メンブランフィルター直径47mm,10L/min,60min採取

仕上塗材が施された鉄筋コンクリートの壁体を3つの工法により解体を行った。本実験の結果をもって同様の工法による解体において石綿の飛散が発生しないと直ちには言えないが、工事においては石綿に限らず粉じんの発生を抑える手立てを施すことが肝要である。解体工事においては一般的に散水により粉じんを抑制する。本実験においても湿潤下で粉じんの発生が抑えられることが認められた。粉じん抑制の観点からは散水は有効であるが石綿含有建材の解体においては発生した水の回収も課題である。

文献No.10 「石綿含有仕上塗材が施工された外壁に適用する外壁複合改修工法の施工マニュアルの開発」

石綿含有仕上塗材に対し、水循環式無振動ドリル等の石綿粉じん飛散防止が期待できる工法により穿孔、剥離を行い石綿粉じんの飛散状況を確認し外壁複合改修構工法の施工方法を検証した。

表 個人ばく露濃度

項目	値
総繊維数濃度 (f/L)	65.8
無機質総繊維数濃度 (f/L)	37.9
クリソタイル繊維数濃度 (f/L)	2.7
デジタル粉じん計(カウント)	2352

表 各測定点の粉じん濃度測定結果

測定点	総繊維数濃度 (f/L)	無機質繊維数濃度 (f/L)	クリソタイル繊維数濃度 (f/L)	デジタル粉じん計(カウント)
①	7.2	2.4	検出下限値以下	229
②	10.4	1.6	検出下限値以下	225
③	8.3	3.6	検出下限値以下	219
④	9.6	4.0	検出下限値以下	207
⑤	12.7	4.1	0.4	364

※集じん装置付きディスクグラインダーの仕様は以下のとおりであり、すべて（株）マキタ製であった。

- ・100mm ディスクグラインダー型番 9533BLA（コンクリート用ダイヤモンドカッター厚み 1.9mmΦ105mm を装着）
- ・ダイヤモンドホイール用集じんカバー型番 A-67555 ・集じん機 (HEPA フィルター装着) 型番 VC0820（最大真空度： 3.6m³/min 26KPa 350W）

石綿粉じん濃度については、総繊維数濃度、無機質総繊維数濃度、クリソタイル繊維数濃度を求めた。すなわち、クリソタイルの飛散が認められた。以上のことから、当該工法では表 1 の②、⑨の工程（水循環式無振動ドリルまたは同等品を用いた切断）で、水循環式無振動ドリルによる切断を実施することとした。

文献No.11 「石綿含有建材の改修・解体工事における石綿粉じん飛散状況の検証」 関連成果物（日本建築学会大会学術講演梗概集より）

石綿含有仕上塗材、石綿含有スレート板、石綿含有けい酸カルシウム板第1種を対象に、電動工具を用いた除去（仕上塗材）、切断（スレート板、けい酸カルシウム板第1種）実験が実施された。湿潤化の有無、集じん機能力、電動工具の回転数等を要因とし、石綿粉じん飛散の状況が確認された。

仕上塗材においては散水および水等の塗布により仕上塗材は湿潤状態にならないためいずれも乾燥状態で実施したが、集じん機を使用した条件では石綿の飛散は確認されなかった。一方で、集じん機を使用しなかった場合は石綿の飛散が確認された。スレート板においては集じん機を使用した場合は石綿の飛散が確認されず、集じん機を使用しなかった場合は湿潤の有無に関わらず石綿粉じんが確認された。けい酸カルシウム板1種においては、集じん機の種類、湿潤の有無によらず石綿の飛散が確認されたが、ディスクサンダーの回転数を落とした場合には石綿の飛散が確認されなかった。

作業前の建材の湿潤のみでは石綿粉じんの飛散の防止が困難であること、けい酸カルシウム板第1種は工具の回転数を調節するなど粉じん飛散に見合った集じんを考慮する必要があることが確認された。

文献No.12

石綿含有建材等切断時の石綿ばく露等に関する実験結果報告書
(令和7年度代表的な解体現場等の濃度測定等事業)

令和6年度厚生労働科学特別研究事業の実験結果を踏まえ、石綿含有建材切断時の湿潤化の方法に対して、更に検討を要する必要があることから、以下の内容に関して検討が行われた。

- ・最適な湿潤化方法に関して優先的に検討を行う実験とする。
法的には、常時湿潤化と規定されているので、常時湿潤化にした状態での実験とする。
- ・また、将来的に、石綿無含有建材を試験体にした場合において、石綿含有建材の粉じん飛散低減の推測に役立つかの検証の準備段階の位置づけとして行う。

表 実験条件

実験工程番号		作業面		排気口		噴霧		
		表	裏	開放	閉塞	水	抑制剤	なし
No. 1	非ス-1-1	表		開放		水		
No. 2	非ス-1-2		裏	開放		水		
No. 3	非ス-2	表			閉塞	水		
No. 4	非ス-3	表		開放		アクリル系		
No. 5	非ス-4	表		開放			酢ビ系	
No. 6	非ス-5	表		開放				なし
No. 7	非ケ-1-1	表		開放		水		
No. 8	非ケ-1-2		裏	開放		水		
No. 9	非ケ-2	表			閉塞	水		
No. 10	非ケ-3	表		開放		アクリル系		
No. 11	非ケ-4	表		開放			酢ビ系	
No. 12	非ケ-5	表		開放				なし
No. 13	石ス-1-1	表		開放		水		
No. 14	石ス-1-2		裏	開放		水		
No. 15	石ス-2	表			閉塞	水	アクリル系	
No. 16	石ス-3	表		開放			酢ビ系	
No. 17	石ス-4	表		開放				なし
No. 18	石ス-5	表		開放				
No. 19	石ケ-1-1	表		開放		水		
No. 20	石ケ-1-2	表		開放		水		
No. 21	石ケ-2	表			閉塞	水		
No. 22	石ケ-3	表		開放		アクリル系		
No. 23	石ケ-4	表		開放			酢ビ系	
No. 24	石ケ-5	表		開放				なし

表 石綿含有試験体切断時における石綿等個人ばく露濃度の測定結果の概要

数値単位:f/cm³

	実験 No. 13 (水・表・開)	実験 No. 14 (水・表・開)	実験 No. 15 (水・表・閉)	実験 No. 16 (抑 1・表・開)	実験 No. 17 (抑 2・表・開)	実験 No. 18 (無・表・開)
総繊維	5.14	9.00	6.00	3.43	5.57	1033.78
クリソタイル	0.21	0.21	0.057 以下	0.21	0.057 以下	54.63
	実験 No. 19 (水・表・開)	実験 No. 20 (水・表・開)	実験 No. 21 (水・表・閉)	実験 No. 22 (抑 1・表・開)	実験 No. 23 (抑 2・表・開)	実験 No. 24 (無・表・開)
総繊維	32.78	27.00	37.92	12.43	5.78	66.42
クリソタイル	0.057 以下	0.057 以下	0.057 以下	0.21	0.057 以下	5.36
アモサイト	0.43	0.64	1.29	0.86	0.057 以下	2.14

備考: 1. 総繊維数は総繊維数濃度を、クリソタイルはクリソタイル繊維数濃度を、アモサイトはアモサイト濃度を示し、クリソタイルとアモサイトの合計が石綿繊維数濃度となる。

2. 数値のうち、0.057 以下は定量下限を意味する。

表 石綿含有試験体切断時における 3 定点の石綿繊維等濃度測定結果の概要

数値単位:f/cm³

	実験 No. 13 (水・表・開)			実験 No. 16 (抑 1・表・開)		
	定点 1	定点 2	定点 3	定点 1	定点 2	定点 3
総繊維	10.48	18.99	17.73	5.99	6.19	8.33
クリソタイル	0.428	0.854	1.068	0.057 以下	0.854	0.057 以下
	実験 No. 19 (水・表・開)			実験 No. 22 (抑 1・表・開)		
	定点 1	定点 2	定点 3	定点 1	定点 2	定点 3
総繊維	34.64	28.81	38.02	14.33	15.15	12.82
クリソタイル	0.21	0.057 以下	0.21	0.057 以下	0.21	0.057 以下
アモサイト	2.14	1.28	0.64	0.21	0.21	0.85

備考:数値のうち、0.057 以下は定量下限を意味する。

表 個人ばく露における湿潤化した場合の湿潤なしに対する粉じん濃度の割合(%)

実験 No. 1 (水・表・開)	実験 No. 2 (水・表・開)	実験 No. 3 (水・表・閉)	実験 No. 4 (抑 1・表・開)	実験 No. 5 (抑 2・表・開)	実験 No. 6 (無・表・開)
2.1	1.5	1.1	2.8	1.7	100
実験 No. 7 (水・表・開)	実験 No. 8 (水・表・開)	実験 No. 9 (水・表・閉)	実験 No. 10 (抑 1・表・開)	実験 No. 11 (抑 2・表・開)	実験 No. 12 (無・表・開)
3.0	2.4	1.4	1.5	1.0	100
実験 No. 13 (水・表・開)	実験 No. 14 (水・表・開)	実験 No. 15 (水・表・閉)	実験 No. 16 (抑 1・表・開)	実験 No. 17 (抑 2・表・開)	実験 No. 18 (無・表・開)
3.3	3.2	1.9	2.6	3.5	100
実験 No. 19 (水・表・開)	実験 No. 20 (水・表・開)	実験 No. 21 (水・表・閉)	実験 No. 22 (抑 1・表・開)	実験 No. 23 (抑 2・表・開)	実験 No. 24 (無・表・開)
3.0	2.5	3.2	6.0	7.7	100

表 10 定点 2 における湿潤化した場合の湿潤なしに対する粉じん濃度の割合 (%)

実験 No. 1 (水・表・開)	実験 No. 2 (水・表・開)	実験 No. 3 (水・表・閉)	実験 No. 4 (抑 1・表・開)	実験 No. 5 (抑 2・表・開)	実験 No. 6 (無・表・開)
1.3	0.9	0.9	1.2	1.1	100
実験 No. 7 (水・表・開)	実験 No. 8 (水・表・開)	実験 No. 9 (水・表・閉)	実験 No. 10 (抑 1・表・開)	実験 No. 11 (抑 2・表・開)	実験 No. 12 (無・表・開)
1.5	1.1	1.3	1.1	1.0	100
実験 No. 13 (水・表・開)	実験 No. 14 (水・表・開)	実験 No. 15 (水・表・閉)	実験 No. 16 (抑 1・表・開)	実験 No. 17 (抑 2・表・開)	実験 No. 18 (無・表・開)
1.7	1.8	1.6	1.5	2.1	100
実験 No. 19 (水・表・開)	実験 No. 20 (水・表・開)	実験 No. 21 (水・表・閉)	実験 No. 22 (抑 1・表・開)	実験 No. 23 (抑 2・表・開)	実験 No. 24 (無・表・開)
1.9	1.5	2.2	2.2	3.0	100

表 個人ばく露におけるクリソタイル繊維濃度について湿潤化した場合の湿潤なしに対する割合 (%)

実験 No. 13 (水・表・開)	実験 No. 14 (水・表・開)	実験 No. 15 (水・表・閉)	実験 No. 16 (抑 1・表・開)	実験 No. 17 (抑 2・表・開)	実験 No. 18 (無・表・開)
0.4	0.4	0.1 以下	0.4	0.1 以下	100
実験 No. 19 (水・表・開)	実験 No. 20 (水・表・開)	実験 No. 21 (水・表・閉)	実験 No. 22 (抑 1・表・開)	実験 No. 23 (抑 2・表・開)	実験 No. 24 (無・表・開)
1.1 以下	1.1 以下	1.1 以下	3.9	1.1 以下	100

備考：1. 定量下限の値がある場合は 0.057 として計算し、「以下」と示した。

水による常時湿潤の場合に、石綿含有スレート板では、表 9 から個人ばく露濃度は、湿潤化無しの場合の粉じん濃度の 1.1～3.3%と大きく低減し、定点 2 は湿潤化無しの場合の粉じん濃度の 0.9～1.8%と大きく低減した。石綿含有けい酸カルシウム板第一種では、表 9 から個人ばく露濃度は、湿潤化無しの場合の粉じん濃度の 1.4～3.3%と大きく低減し、から定点 2 は湿潤化無しの場合の粉じん濃度の 1.1～2.2%と大きく低減した。

飛散抑制剤の常時湿潤の場合に、石綿含有スレート板では、個人ばく露濃度は、湿潤化無しの場合の粉じん濃度の 2.6～2.8%と低減し、定点 2 は湿潤化無しの場合の粉じん濃度の 1.2～1.5%と大きく低減した。石綿含有けい酸カルシウム板第一種では、表 9 から個人ばく露濃度は、湿潤化無しの場合の粉じん濃度の 1.5～6.0%と大きく低減し、表 10 から定点 2 は湿潤化無しの場合の粉じん濃度の 1.1～2.2%と大きく低減した。

水による常時湿潤の場合と飛散抑制剤の常時湿潤の場合を比較したところ、粉じん濃度の低減効果に有意な差はみられなかった。

クリソタイルの個人ばく露濃度については、湿潤化無しの場合の 0.1 以下～3.9%の低減が認められた。表 13 から、アモサイトの個人ばく露濃度については、湿潤化無しの場合の 2.7 以下～60.3%の低減であった。アモサイトの抑制効果はクリソタイルほど高くはないが、一定の効果が得られた。

以上の検討結果から、作業室内において水、飛散抑制剤ともに常時湿潤化による粉じん発生

抑制効果が確認され、湿潤化を行わなかった測定条件下での結果と比較すると粉じん濃度を2桁程度抑制することが確認できた。

既往の検討※では、電動工具による切断作業前に対象建材の表裏面に水または飛散抑制剤を散布し実験が行われたが、切断前の散水では、石綿含有スレート板に含有するクリソタイルが散水無しの場合の35～40%の低減程度であり、石綿含有けい酸カルシウム板第一種に含有するクリソタイルが20～49%の低減程度であった。石綿含有けい酸カルシウム板第一種に含有するアモサイトについては、散水により40～50%の発生抑制ができた。これにより、電動工具を用いた石綿含有建材の切断において、作業前の散水では石綿粉じんの発生抑制は困難であることが確認された。また、同実験では、さらに石綿含有けい酸カルシウム板第一種に対し、工具の回転数を抑制することで、クリソタイル、アモサイトともに検出されないという粉じん発生抑制が確認されている。

本検討結果から、作業室内において水、飛散抑制剤ともに常時湿潤化による粉じん発生抑制効果が確認され、湿潤化を行わなかった測定条件下での結果と比較すると粉じん濃度を2桁程度抑制することが確認できたことから、試作した常時湿潤可能な電動工具を使用し、既往研究の工具の回転数の抑制を合わせて実施することにより、更なる飛散抑制効果が得られることが考えられる。

※古賀純子、山田丸、齊藤宏之、小西淑人、萩原正義、緒方裕子、金子剛大、鷹屋光俊：石綿含有建材の切断等実施時における石綿粉じん飛散状況の検証、日本建築学会学術講演梗概集（材料施工）pp.89-90、2025.9

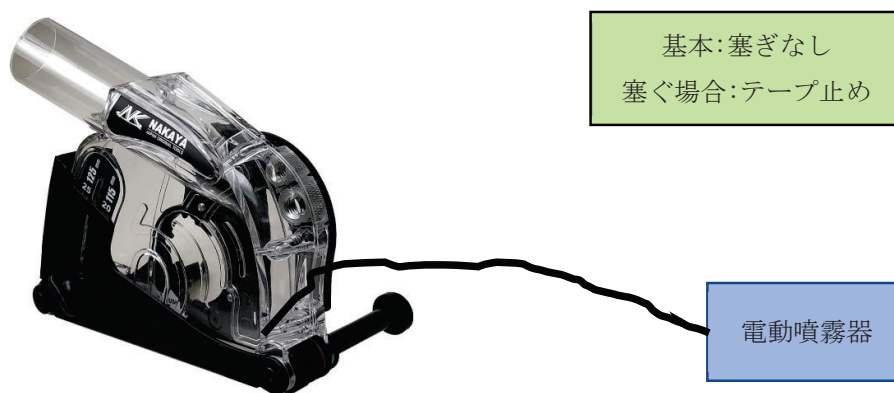


図 常時湿潤する場合のフード形状図

作業試験の対象となった現場

敷地 No.	敷地概要	建物 築年数	範囲
			表面 風化
1	ガレージ、波板屋根	39	激しい
2	個人住宅、波板屋根	30	激しい
3	ホール、波板屋根	38	激しい
4	倉庫、波板屋根、一部塗装済み	40	中程度
5	工場、波板屋根	40	極めて深刻
6	ホール、波板屋根、塗装済み	29	重度
7	低価格住宅、波板屋根	32	重度
8	倉庫：	40	重度
8.1	A棟 — 波板屋根	40	重度
8.2	B棟 — 波板屋根	40	重度
	— 平壁	40	重度

表IV

高圧水噴射でAC屋根材を洗浄する作業員付近のアスベスト濃度

Site 調査地 番号	作業内容	Wind 風速 (m/s)	サンプリング 期間 (時間)	アスベスト 濃度 (f/mL)
1	屋根40m ² の清掃	1.5	5.3	0.08
2	屋根45m ² の清掃	6.3	5.3	0.10

表V

水噴射によるAC屋根材の洗浄作業を行う作業員付近のアスベスト濃度
風化したACシート

サイト No.	作業内容	風 風速 (m/s)	サンプル サンプリング (時間)	アスベスト 濃度 (f/mL)
5	ローラーによる80 m ² の屋根塗装 ローラー塗装；	1.9	2.0	0.22
	ローラーによる60 m ² の屋根塗装 ローラー	3.3	1.5	0.20, 0.12
8.1	屋根塗装 塗装 300 m ² 屋根の エアレススプレーによる塗装；	2.8	3.4	0.14
	250 m ² の屋根塗装を エアレススプレー	4.3	3.1	0.11
8.3	400 m ² の屋根塗装を エアレススプレーによる塗装；	1.7	2.3	0.01, 0.01
	110 m ² の壁を エアレススプレー	2.0	0.4	0.09, 0.12

表VII
AC倉庫の解体作業員周辺のアスベスト濃度
^n = 測定回数。

試験 No.	作業内容	風 風速 (m/秒)	Asbestos Concentrations		
			(f/mL)	(f/mL)	
			A n^A	範囲	B TWA^B
8.1	建物Aは取り壊された 崩壊後に解体：				
8.1.1	乾式屋根の撤去	6.4	3	0.10 ~ 0.47	0.32
8.1.2	湿式屋根の撤去		2		
8.1.3	アクリルシーリング屋根の撤去	3.7	3	0.05-0.06	0.06
8.2	建物Bは リフト：	5.2		0.11 ~ 0.32	0.16
	乾燥した屋根の撤去	1.3 ~ 3.5	6	0.30 ~ 0.53	0.38
	湿式屋根撤去	1.6	2	0.10 ~ 0.13	0.12
8.3	C棟の解体 リフト：				
	乾式屋根撤去	1.6 ~ 4.9	10	0.34-1.1	0.60
	湿式屋根撤去	1.6 ~ 2.7	4	0.29 ~ 0.68	0.50
	アクリルシーリング屋根の撤去	3.1	4	0.41-0.76	0.55
8.3/8.4	乾式壁の撤去	2.5 ~ 3.5	4	0.04-0.12	0.07
8.3	アクリルシーリング壁の撤去	4.2	2	ND^C-0.05	0.02

^n = 測定回数。

TWA = 時間加重平均。

^CND = 検出限界以下。

表VIII
サイト8のアスベスト含有屋根材に堆積した粉塵の分析

Sample サンプル 説明	繊維含有量 灰化後（重量%）	アスベスト含有量	
		屋根の粉塵中の含有量（重量%）	
		クリソタイル	アモサイト
B棟、棟の粉塵	<0.03	0.006	0.003
B棟、重なり部分の粉塵	<0.3	0.03	0.008
C棟、棟の粉塵	0.6	0.2	0.2
C棟、ラップダスト1	7.4	3.7	0.9
C棟、ラップダスト2	1.8	0.7	0.4

建築用アスベストコンクリート（AC）外装材は、表面からのセメントの局所的な侵食により風化が進み、しばしばアモサイトやクロシドライトを含む結合の弱い石綿繊維の混合物が露出する。風化したACシートに物理的な刺激を与えると、その刺激の程度や風化の進行度合いに応じて、作業員は測定可能な濃度の石綿粉塵に曝露することになる。限られた結果ではあるが、風化した外装材のウォータージェット洗浄や塗装作業中の労働者の曝露は、表面の摩耗を避けることで衛生基準以下に低減できる可能性がある。石綿含有屋根材の交換作業中の曝露は、シートを慎重に取り扱い、積み重ねる際にシート表面を湿らせることで、衛生基準内に抑えられた。

同様の予防措置は石綿含有屋根の解体においても有効であると考えられるが、不適切な場合は、作業員への呼吸用保護具の着用が不可欠となる。屋根の解体作業では、作業服への石綿の著しい付着も確認されており、このような作業には適切な防護服と除染手順が必要であると見なされる。

文献No.15

Airborne Asbestos Concentrations During Abatement of Floor Tile and Mastic: Evaluation of Two Different Containment Systems and Discussion of Regulatory Issues.

各プロジェクトの空気サンプル濃度は表に示す通りである。最高個体測定値を含むすべての曝露は OSHA の PEL および EL を下回っており、ほとんどのサンプルは検出 限界以下であった。最も高い曝露レベルは、除去時に砕けやすい状態にある可能性 の高い漆喰の除去作業に関連していた。周辺部、背景値、FT/マスチック、屋根工 事、窓のコーキングにおいても同様の浮遊濃度が見られた。本調査で観測された曝 露濃度は、他の公表されているアスベスト除去曝露研究 (Lange and Thomulka, 2000, 2000a, 2001, 2002; Lange, 2001) で報告された値と類似している。すべての作業エリア (規制エリア) は、70 構造体/mm² 未満という最終クリアランス基準 を満たしました。PCM を用いたバックグラウンドレベルは、0.01 f/cc 未満と定義 されています。プロジェクト A、B、屋根工事、および窓のコーキング工事における個人被ばくおよび環境被ばく (EL) サンプルの過剰被ばく確率は 5% 未満である。漆喰については、EL も 5% 未満である可能性が高く、個人被ばく測定については約 20% である。これらの結果および他の調査 (Lange and Thomulka, 2001) の結果に基づき、これらの作業に従事する労働者が空気中のアスベストによる高濃度の被ばくを受ける可能性は低いと考えられる。

非砕性アスベスト含有材料 (ACM) に関連する危険性はほとんどない。これは、手の圧力で砕けたり粉末状になったりしないという定義によるものである。これらの 材料は破損する可能性はあるものの、現在の曝露データに基づけば、特に面積/周長サンプリングと比較した場合、曝露は発生しない。

表：さまざまな種類の材料の除去に関する空気サンプルの統計概要（f/cc）。

表 サンプルの種類	Sの数	AM	GM	SD	GSD	順位
プロジェクトA - 個人 ^{les} / atam						
個人	11	<0.01	<0.01+	ND	ND	<0.01-~0.02
変動幅	7	<0.08	<0.08+	ND	ND	<0.08
背景	7	<0.01	<0.01+	ND	ND	<0.01
周囲長	53	<0.01	<0.01	ND	ND	<0.01-~<0.03"
プロジェクトB - FT/マスチック ¹						
個人	14	<0.01	<0.01+	ND	ND	<0.01-~0.02
変動幅	18	<0.08	<0.08+	ND	ND	<0.08
背景	4	<0.01	<0.01-r	ND	ND	<0.01
周辺プロ	60	<0.01	<0.01+	ND	ND	0.01-~<0.02
プロジェクトC						
屋根						
個人	11	<0.01	<0.01-r	ND	ND	<0.01
逸脱	11	<0.08	<0.08-r	ND	ND	<0.08
周囲長	43	<0.01	<0.01+	ND	ND	<0.01-~0.02
窓のコーキング						
個人	2	<0.01	<0.01+	ND	ND	<0.01
変動幅	2	<0.08	<0.08+	ND	ND	<0.08
周囲長	7	<0.01	<0.01+	ND	ND	<0.01-~0.02
石膏						
個人	13	0.02	0.02	0.02	1.9	<0.01-~0.05
遠足	14	0.09	0.08	0.05	1.7	<0.08-0.24
周囲長	85	<0.01	<0.01+	ND	ND	<0.01-~0.02

+ all サンプルはすべて同濃度、または検出限界以下であり、標準偏差（SD）や全標準偏差（GSD）の算出は不可能； * 1つのサンプルに0.02という報告可能な値があった；A、B、Cのプロジェクト期間のおおよその日数は、それぞれ6日、9日、11日であった；
湿式分析法は限定的に使用された。

文献No.16

以下の表に示す建材について、電動工具による研磨、切断等が行われた。石綿含有建材ではなく、シリカ由来の粉じんについて検証された。

表I. 本研究で使した工具および建設資材の特性

工具の特性	作業内容			
	目地研磨	表面研磨	ブロックおよびレンガの切断	ブロック切断
ブロック・レンガ切断	アングルグラインダー	フラットグラインダー	石工用ソー	ハンドソー
メーカー	Flex (Porter Cable)	Flex (Porter Cable)	EDCO	Partner
モデル	F1509 FR	LD 1509 FR	GMS-10	K650 Active
電源	電動	ガソリン	ガソリン	ガソリン
重量	4.1 kg (9.1 lbs)	2.9 kg (6.4 lbs)	53 kg (116 lbs)	9.4 kg (20.7 lbs)
外形寸法 ^a	37 × 18 × 18 cm	36 × 11 × 18 cm	104 × 64 × 48 cm	76 × 30 × 30 cm
	15 × 7 × 7 インチ	14 × 5 × 7 インチ	41 × 25 × 19 インチ	25 × 10 × 10 インチ
消費電力 (ワット)	1200	1200	3000	
運転回転数	10,000	10,000	5500	3600
ブレードタイプ	ダイヤモンド	ダイヤモンドカップ	ダイヤモンド、乾式切断	ダイヤモンド
メイク	コンカット	ディマス	EDCO	コンカット
直径 (cm)	11.4	13.5	24.0	30.5
先端速度 (ft/min)	3750	4430	2830	5500
通気カバー				
面寸法 (cm)	12.3 × 4.0 ^b	17.8 ^c	17.5 × 0.8 ^b	38.1 × 317.5
表面積 (cm ²)	49.2	248.8	13.9	121.0
面速度 (ft/min)	555/1401 ^d	110/277	1971/4973	225/570
建築材料	S型モルタルを使用 したレンガ壁： 砂70% 砂 20% 10% 水和石灰	コンクリート壁	舗装用ブロック 3.8 cm (1インチ) の穴が3つ 開いたレンガ	コンクリートブロック (C-90)
寸法 (長さ × 高さ × 幅)	1.8 × 1.4 × 0.15 m 6.0 × 4.6 × 0.5 フィート 1 cm幅のモルタル 目地	長さ可変 1.2 × 0.10 m 4.0 × 0.33 フィート	舗装用ブロック 29.5 × 29.5 × 5.7 cm $\frac{5}{8} \times \frac{5}{8} \times \frac{1}{4}$ インチ レンガ 19.4 × 6.4 × 9.4 cm $\frac{5}{8} \times \frac{1}{2} \times \frac{11}{16}$ インチ	30.5 × 20.3 × 20.3 cm 12 × 8 × 8 インチ

^a 長さ × 高さ × 幅。

^b 長さ × 幅。

^c 直径。

^d 換気量 29.4 および 74.2 cfm における顔面風速 (低および高処理の全体平均換気率)。

文献No.17

In-Depth Survey Report: Dust Control Technology for Cutting Concrete Block and Tuckpointing Brick.

ブロック切断作業における吸入性石英曝露に対する対策の有効性

LEV シュラウドと集塵機は石英曝露を平均 95%低減させたのに対し、水噴霧アタッチメントは平均 90%低減させた。いずれの対策も、対策なしの場合と比較して有意差が認められた ($p<0.05$) が、各対策によって達成された曝露低減率には有意差は認められなかった。

ブロック切断作業における呼吸性粉塵曝露に対する対策の有効性

LEV アタッチメントの使用により平均曝露量は 95%減少したのに対し、水の使用では 88%の減少が認められた。空気サンプリングカセットまたはリアルタイム測定器を用いて測定した場合、いずれの対策も、対策なしの場合と比較して統計的に有意な曝露量の減少をもたらした ($p<0.05$)。一方、2つの対策の効果の間には統計的に有意な差は認められなかった。

目地詰め作業中の吸入性石英曝露に対する対策の有効性

吸入性石英濃度の低減率は、LEV 対策で 98%、水対策で 84%であった。平均石英濃度の差異は、対策なしの場合と、水対策または局所排気対策のいずれかを用いた場合との間で統計的に有意であった ($p<0.05$)。一方、2つの対策方法の間には統計的に有意な差は認められなかった。

目地詰め作業中の吸入性粉塵曝露に対する対策の有効性

表 4 は、タックポインティング作業中の吸入性粉塵サンプリング結果を示している。LEV 対策を用いた場合、吸入性粉塵濃度は 99%低減したのに対し、水対策では 81%の低減にとどまった。空気サンプリングカセットまたはリアルタイム測定器を用いて測定された吸入性粉塵の平均値は、対策ありと対策なしの間、および両対策法の間で統計的に有意な差が認められた ($p<0.05$)。

表 5 は、すべての試験中に収集された空気サンプリングデータの要約統計量を示している。目地詰め作業中に水を使用した場合、水、モルタル、および煉瓦粉塵の混合物が煉瓦壁に付着した (図 8)。

文献No.18

sbestos Release from Whole-Building Demolition of Buildings with Asbestos-Containing Material

実建築物2棟の解体時の石綿粉じん飛散の検証がなされた。対象建材の概要は下表である。湿潤により石綿粉じんの飛散が抑制されることが報告された。

表I. 解体中の建物AおよびブロックBの建物に残存するACMの量			
ACMの種類	NESHAPS カテゴリー	量	アスベスト含有量
GWBジョイントコンパウンド 床 ポップコーン天井	RACMではない カテゴリーII カテゴリーII	建物A	目地材中のクリソタイル含有率 2～3% 2～3%のクリソタイル 5% クリソタイル
		壁の総面積 2400 m ²	
		560 m ²	
		1,400 m ² ブロックB	
『職業・環境衛生ジャーナル』		2007年12月	893

GWBジョイントコンパウンド	RACMではない	壁全体の1120 m ²	目地材中のクリソタイル含有率 5～8%
床材	カテゴリー I	1130 m ²	「陽性」
屋根	カテゴリーI	1130平方メートル	「良好」

注：入手可能なデータは、GWBの目地材に含まれるアスベストの含有量を数値で報告しているが、床材や屋根材については報告していない。

文献No.19

Asbestos Exposure among Mitering Workers in a Construction Material Factory in Thailand.

波形屋根シートは重量の約10～15%を石綿が占めており、通常、高速モーターソーまたは金属切断用あるいは木材切断用の手鋸によって切断された。調査は4つの建築物を対象として実施され、それぞれ異なる日に換気の良い屋外環境において、作業員により個別に実施された。事例1～3では作業員は両方の種類の機器を使用した。事例4では高速電動のこぎりのみを使用した。

表1に示すように、高速モーターソー使用時に30分間採取された全ての個人サンプルにおける繊維濃度は、米国労働安全衛生局（OSHA）の30分間許容基準値である1繊維/ccを超過していた。中央値は4.11繊維/ccであり、範囲は1.33～12.41繊維/ccであった。

一方、手鋸については、ケース2で採取された1検体のみが許容基準値を超過した。中央値は0.13繊維/ccであり、範囲は0.01～5.00繊維/ccであった。また、2種類の切削工具から採取された全エリアサンプルは、中央値0.59繊維/cc、範囲0.14～3.32繊維/ccを示した。

表1. マイター加工中に採取した個人および環境サンプルからの繊維濃度

機器	変数	サンプルの種類	事例1	事例2	ケース3	ケース4	中央値
(1) 高速 チェーンソー	繊維濃度 (繊維/cc)	個人	1.70	12.41	6.52	1.33	4.11
	繊維密度 (本/mm ²)		265.0	1,745.2	1,015.9	207.7	
	サンプル数		1	1	1	1	
	カットされたシートの数		2	4～5	3～4	1	
	工具回転数 (rpm)		800	1,200	1,200	1,200	
(2) 手鋸	繊維濃度 (繊維/cc)	個人	0.01*	5.00	0.13	-	0.13
	繊維密度 (繊維/mm ²)		1.3	780.3	20.4	-	
	サンプル数		1	1	1	-	
	カットされたシートの数		1	1～2	1～2	-	
(1) + (2)	繊維濃度 (繊維/cc)	面積	0.44	3.32	0.74	0.14	0.59
	繊維密度 (本/mm ²)		135.7	1,035.0	231.4	21.0	

*検出限界未満。

文献No.20

Asbestos Exposure among Construction Workers During Demolition of Old Houses in Tehran, Iran.

4 棟の住宅の解体時について、石綿含有建材の調査がなされ、解体現場における石綿粉じんの飛散状況が調査された報告である。周辺環境空気中から石綿が検出され、粉じん飛散対策の必要性が指摘された。

表1. 地域別の空気中アスベスト繊維濃度

地域	No	SEM (f/ml)				PCM (本/ml)			
		GM	GSD	分	最小	GM	GSD	最小	最大
南	11	0.14 ¹	0.062	0.02	0.25	0.05	0.022	0.01	0.09
東	12	0.13 ²	0.145	0.05	0.42	0.04	0.051	0.02	0.15
西	11	0.31	0.082	0.17	0.43	0.11	0.029	0.06	0.15
中央	11	0.20 ³	0.065	0.08	0.34	0.07	0.023	0.03	0.12
合計	45	0.20	0.111	0.02	0.36	0.07	0.039	0.01	0.15

¹ $p < 0.001$, ² $p < 0.01$, ³ $p = 0.07$, テヘラン西部地域と比較して。GM：幾何平均；GSD：幾何標準偏差；max：最大値；min：最小値；SD：標準偏差；SEM：走査型電子顕微鏡；PCM：位相差顕微鏡。

表2. 解体現場ごとの空気中アスベスト繊維濃度

場所	No.	SEM (f/ml)				PCM (本/ml)			
		GM	GSD	最小	最小	GM	GSD	最小	最大
上限	29	0.25	0.096	0.05	0.42	0.08	0.034	0.02	0.15
壁	16	0.11	0.079	0.02	0.34	0.03	0.028	0.01	0.12
合計	45	0.2	0.111	0.02	0.36	0.06	0.039	0.01	0.15

GM、幾何平均；GSD、幾何標準偏差；max、最大値；min、最小値；SD、標準偏差；SEM、走査型電子顕微鏡；PCM、位相差顕微鏡。

文献No.21

Asbestos Exposure among Construction Workers During Demolition of Old Houses in Tehran, Iran.

表1. 地域別の空气中アスベスト繊維濃度

地域	No	SEM (f/ml)				PCM (本/ml)			
		GM	GSD	分	最小	GM	GSD	最小	最大
南	11	0.14 ¹	0.062	0.02	0.25	0.05	0.022	0.01	0.09
東	12	0.13 ²	0.145	0.05	0.42	0.04	0.051	0.02	0.15
西	11	0.31	0.082	0.17	0.43	0.11	0.029	0.06	0.15
中央	11	0.20 ³	0.065	0.08	0.34	0.07	0.023	0.03	0.12
合計	45	0.20	0.111	0.02	0.36	0.07	0.039	0.01	0.15

$1p<0.001$, $2p<0.01$, $3p=0.07$, テヘラン西部地域と比較して。GM：幾何平均；GSD：幾何標準偏差；max：最大値；min：最小値；SD：標準偏差；SEM：走査型電子顕微鏡；PCM：位相差顕微鏡。

表2. 解体現場ごとの空气中アスベスト繊維濃度

場所	No.	SEM (f/ml)				PCM (本/ml)			
		GM	GSD	最小	最小	GM	GSD	最小	最大
上限	29	0.25	0.096	0.05	0.42	0.08	0.034	0.02	0.15
壁	16	0.11	0.079	0.02	0.34	0.03	0.028	0.01	0.12
合計	45	0.2	0.111	0.02	0.36	0.06	0.039	0.01	0.15

GM、幾何平均；GSD、幾何標準偏差；max、最大値；min、最小値；SD、標準偏差；SEM、走査型電子顕微鏡；PCM、位相差顕微鏡。

天井・屋根解体時は壁解体時より高い石綿濃度が確認された。湿潤化を行わなかったことが濃度上昇の要因と考察された。また、SEM 測定値は PCM 測定値より高く、PCM では石綿濃度を過小評価する可能性が示唆された。

文献No.22

Characterization of Demolition Construction Waste Containing Asbestos, and the Release of Fibrous Dust Particles.

アスベスト繊維を含む解体建設廃棄物の特性評価、および3階建ての工業用建物からアスベストセメント製品（ACP）を除去する際に放出される繊維状粉塵のモニタリングに焦点を当てた論文である。

解体方法については記述がみられなかった。

文献No.23

Measurements of Airborne Asbestos Fibres during Refurbishing.

実建物における改修時の石綿飛散状況の調査結果がまとめられている。改修方法は統一されておらず、実情の工事内容に合わせて測定が行われたと推測される結果である。下表に結果を示す。

個人用サンプル										
		アスベスト繊維						非アスベスト繊維		
材料	活動	n	中央値 (WHOアスベスト /cm)	最小値お よび (f/cm)	中央値 (f_{50} / cm) <0.2 μ m	クリソタイ ル (%)	角閃石 (%)	中央値 (f非アスベスト/cm)	カルシウ ム 硫酸塩 (%)	その他 無機 (%)
屋内	アスベスト	解体	5	2.6	1.5-4.5	0.3	<10	>90	<LOD*	該当なし
壁	断熱ボード	洗浄	1	0.9	該当なし	0.1	10	80	0.1	90以上
内装	ビニールタイル	削り取り	3	<LOD*	該当なし	<LOD*	該当なし	N/A	1.0	>90
床		ヘラで 研削	1	<LOD*	該当なし	<LOD*	該当なし	該当なし	0.1	>90
	コルクボード	梱包	2	<LOD*	N/A	<LOD*	該当なし	N/A	1.0	>75
	コルクボード	コルクボード								<25
配管	配管	切断および 解体	1	0.02	該当なし	0.01	20	80	0.1	10
										90
固定試料										
		アスベスト繊維						非アスベスト繊維		
素材	場所	n	中央値 (WHOアスベスト /cm)	最小値および 最大 (f/cm)	中央値 (f_{50}) <0.2 μ m	クリソタイル (%)	角閃石 (%)	中央値 ($f_{非アスベスト}$ /cm)	カルシウム 硫酸塩 (%)	その他 無機 (%)
屋内	アスベスト 壁1枚		0.4	該当なし	0.05	10	90	<LOD*	該当なし	該当なし
	汚染区域									
	クリーン ゾーン	2	<LOD*	N/A	<LOD*	該当なし	N/A	<LOD*	該当なし	N/A
インテリア	コルクボード	汚染	該	<LOD*	該当なし	<LOD*	該当なし	該当なし	2.1	80
										20
測定方法: WHO基準のアスベスト (f_{50}) および繊維 (f_{50}) について示されている。その他の繊維の濃度は (f_{50}) として記載されている。N/Aは該当なし。										
汚染区域	汚染区域									
アスベストの検出限界 (LOD) = 0.03 f/cm, 0.04 f/cm, 0.002 f/cm, 0.01 f/cm	汚染	1	<LOD*	該当なし	<LOD*	該当なし	該当なし	<LOD*	該当なし	N/A
配管	配管									
	汚染区域									